

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
25. August 2005 (25.08.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2005/078956 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **H04B 7/06**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/001250

(22) Internationales Anmeldedatum:  
8. Februar 2005 (08.02.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2004 006 584.5  
10. Februar 2004 (10.02.2004) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): **T-MOBILE DEUTSCHLAND GMBH** [DE/DE];  
Landgrabenweg 151, 53227 Bonn (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **KRUSE, Gerhard**  
[DE/DE]; Auf dem Hähnchen 22, 53578 Windhagen (DE).

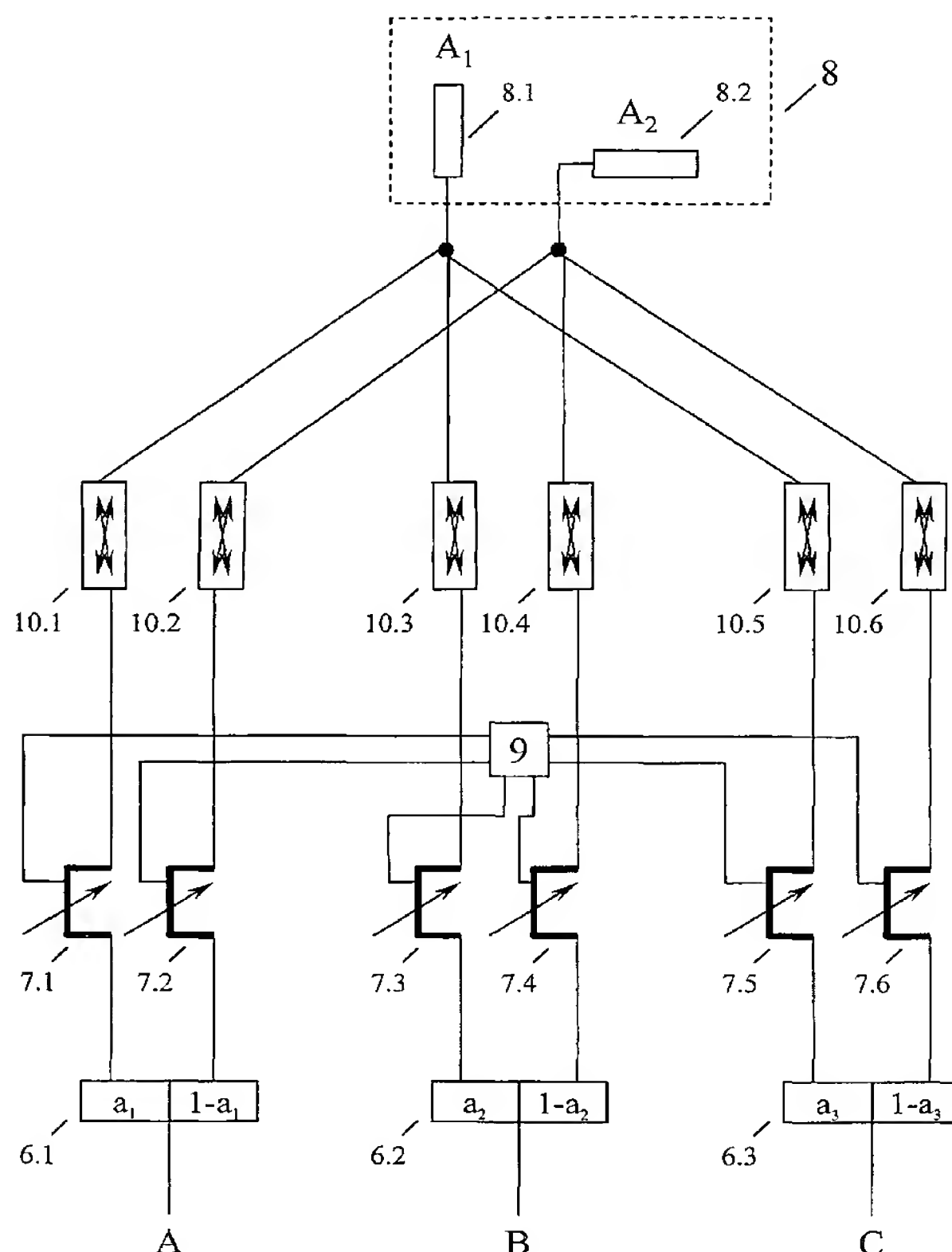
(74) Anwalt: **RIEBLING, Peter**; Postfach 31 60, 88113 Lin-  
dau/B. (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,  
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,  
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,  
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,  
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR OPERATING MIMO AIR INTERFACES IN MOBILE COMMUNICATIONS SYSTEMS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM BETRIEB VON MIMO-LUFTSCHNITTSTELLEN BEI MOBILKOMMUNIKATIONSSYSTEMEN



(57) Abstract: The invention concerns a method and device for operating MIMO air interfaces in mobile communications systems, according to which a radio signal is transmitted by a transmitting device via an MIMO channel comprising a number of  $m$  subchannels and is received by a receiving device having  $n$  antennas. The invention is based on the fact that different polarizations are assigned to the signals to be transmitted on the subchannels, and the signals are supplied to a common antenna.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Betrieb von MIMO-Luftschnittstellen bei Mobilkommunikationssystemen, bei dem ein Funksignal über einen eine Anzahl von  $m$  Subkanälen umfassenden MIMO-Kanal von einer Sendeeinrichtung ausgesendet und von einer Empfangseinrichtung mit  $n$  Antennen empfangen wird. Die Erfindung beruht darauf, dass den auf den Subkanälen auszusendenden Signalen unterschiedliche Polarisierungen zugewiesen werden, und die Signale einer gemeinsamen Antenne zugeführt werden.

WO 2005/078956 A1



TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**(84) Bestimmungsstaaten** (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL,

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

## **Verfahren und Vorrichtung zum Betrieb von MIMO-Luftschnittstellen bei Mobilkommunikationssystemen**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Betrieb von MIMO-Luftschnittstellen bei Mobilkommunikationssystemen, nach dem Oberbegriff der unabhängigen Patentansprüche.

MIMO- (Multiple-Input Multiple-Output) Systeme sind vielversprechende neue Funkübertragungstechniken für künftige Mobilfunkgenerationen „Beyond 3G“. Bei MIMO-Systemen werden auf dem Funk-Übertragungsweg ein oder mehrere HF-modulierte Signale von einer Anzahl  $m$  MI-Antennen abgestrahlt und von einer Anzahl  $n$  MO-Antennen empfangen. Ein MIMO-Kanal wird somit aus  $m$  Sendeantennen,  $n$  Empfangsantennen und einer Vielzahl von im Allgemeinen zeitvarianten Subkanälen zwischen den Sende- und Empfangsantennen, die auch als Diversity-Kanäle aufgefasst werden können, gebildet. In Figur 1 ist beispielhaft eine Mobilfunkverbindung mit einer Basisstation 1, die wesentlich einen Modulator/Demodulator für die Datenquelle/-senke, einen MIMO-Prozessor und eine HF-Sende-/Empfangsstufe enthält, drei von Signalausgängen A, B, C gespeiste MI-Antennen 2, einer mobilen Station 3 mit grundsätzlich den gleichen Elementen wie Basisstation 1, zwei MO-Antennen 4 und Subkanälen 5 dargestellt. Wenn die Subkanäle statistisch unabhängig sind, wächst die Wahrscheinlichkeit, das Sendesignal fehlerfrei zu empfangen mit der Anzahl der Antennen. Für die optimale Kombination der MIMO-Subkanäle, die mit den MIMO-Prozessoren realisiert wird, sind viele Verfahren und Algorithmen sowohl auf der Sender- als auch auf der Empfängerseite bekannt, beispielsweise in WO 03 041300 A1.

Die Vorteile von MIMO-Verfahren bestehen in einer deutlich effizienteren Frequenznutzung gegenüber bisherigen Verfahren (z. B. 2G, 3G), einer reduzierten EMVU-Belastung durch geringere Sendeleistungen sowie einer hohen Robustheit gegen Fading, siehe z.B. BLAST (Bell Labs Layered Space

Time) -Technologie. Vorteilhaft werden MIMO-Systeme bei orthogonalen Vielfach-Zugriffsverfahren, wie CDMA, TDMA, FDMA oder Kombinationen aus diesen, angewandt.

5 Optimale Ergebnisse werden mit MIMO im Rayleigh-Kanal, d.h. Empfang nur durch Streuung, erreicht.

Die Effizienz von MIMO- Systemen beruht auf der statistischen Unabhängigkeit der MIMO-Subkanäle.

10 Die vorliegende Erfindung betrifft die MIMO-Luftschnittstellen, speziell die Antennen. Unter der Voraussetzung der Reziprozität des Funkkanals ergeben sich gleiche Verhältnisse für die umgekehrte Übertragungsrichtung.

Dicht benachbarte Antennen gleicher Polarisierung haben eine hohe Korrelation der gesendeten oder empfangenen Signale mit dem komplexen Korrelationsfaktor  $\underline{r}$ . Um mittels Raum-Diversity signifikante Dekorrelationen mit z.B.  $|\underline{r}| < 0,2$  zu erreichen, sind bei herkömmlichen Mobilfunk-  
15 Feststationsantennen mit vertikaler Polarisierung und Öffnungswinkeln von  $60^\circ$  in der Horizontalebene und  $20^\circ$  in der Vertikalebene Antennenabstände von mehr als ca.  $20 \lambda$  horizontal und mehr als ca.  $3 \lambda$  vertikal erforderlich. Raum-  
20 Diversity erfordert große Abmessungen und ist daher für mobile Geräte wenig geeignet.

Eine Lösung bieten Polarisations-Diversity-Verfahren. Diese sind für MIMO-Systeme z.B. in WO 02/058187 A1, WO 02/099995 A2 und US 6 049 705 A (hier speziell für mobile Funkgeräte) veröffentlicht.

25 Die beschriebenen Übertragungseinrichtungen arbeiten mit unveränderlicher, orthogonaler Polarisierung der einzelnen MI- und MO-Antennen. Diese Anordnungen haben den Nachteil, dass für jeden MIMO-Subkanal eine Antenne benötigt wird.

30 Es ist die Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Anordnung zum Betrieb von Luftschnittstellen bei Mobilkommunikationssystemen anzugeben,

bei der der Platzbedarf für Antennen und die Dekorrelation der Subkanäle auf der Luftschnittstelle deutlich verbessert werden.

5 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche gelöst.

Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass den auf den Subkanälen auszusendenden und zu empfangenden Signalen unterschiedliche Polarisationen zugewiesen werden, und die Signale einer gemeinsamen  
10 Antenne zugeführt werden.

In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird als Antenne ein Antennenarray mit räumlich eng benachbarten Teilantennen verwendet, im Ausführungsbeispiel ein Kreuzdipol. Vorzugsweise fallen die Phasenzentren  
15 der Teilantennen zusammen.

Die Zuweisung der Polarisationen der auf den Subkanälen ausgesendeten Signale wird vorzugsweise von einer Steuerungseinrichtung gesteuert. Dabei werden die Polarisationen der auf den Subkanälen ausgesendeten in  
20 vorgegebenen Zeitabständen geändert, vorzugsweise synchron geändert. Eine Möglichkeit ist, die Polarisationen der auf den Subkanälen ausgesendeten Signale in vorgegebenen Zeitabständen untereinander zu vertauschen.

Es kann aber auch vorgesehen sein, jedem auf den Subkanälen  
25 ausgesendeten Signal eine aus einer Menge von vorgegebenen Polarisationen jeweils eine zufällig ausgewählte Polarisation zuzuweisen. Dabei darf keine Polarisation doppelt vergeben werden.

Für den Fall, dass das auf dem MIMO-Kanal ausgesendete Funksignal durch  
30 einen digitalen Datenstrom moduliert ist, werden die Polarisationswechsel derart gesteuert, dass die Polarisationen der auf den Subkanälen ausgesendeten Signale für die Zeitdauer von mindestens einem Bit des

Datenstroms gleich bleiben. Die Polarisationswechsel können aber auch derart gesteuert werden, dass die Polarisationen der auf den Subkanälen ausgesendeten Signale während der Dauer eines Bits des Datenstroms mindestens einmal wechseln.

5

Die Steuerungseinrichtung nimmt über entsprechende Einrichtungen, wie Phasenschieber, Verzögerungsleitungen, Leistungsteiler, Einfluss auf die Polarisation der auf den Subkanälen ausgesendeten Signale, wobei die Polarisationen durch das Verhältnis der Beträge ihrer Leistungen  $a$  bzw.  $(1-a)$  und/oder ihre gegenseitige Phasenlage und/oder ihren Zeitversatz  $\tau_1, \tau_2$  bestimmt werden. Die Anzahl der schaltbaren Polarisationen muss mindestens so groß sein, wie die Anzahl  $m$  der Subkanäle.

10

Erfindungsgemäß werden mit je einer Antenne, die mehrere Polarisationen gleichzeitig abstrahlen bzw. empfangen kann, viele unkorrelierte MI- und MO-Subkanäle realisiert. Der Vorteil von MIMO-Verfahren, der bisher nur mit mehreren räumlich verteilten Antennen erreicht wurde, wird gemäß der Erfindung mit nur einer Antenne erzielt.

15

Vorzugsweise können die Beträge der zeitlich gemittelten Korrelationsfaktoren  $\underline{r}$  der MIMO-Kanäle verringert werden, indem die Polarisationen der Antennen ständig geändert werden, wobei die Polarisationen bei einem digital modulierten Funksignal

20

- über mindestens ein Bit gleich bleibt oder
- mindestens einmal pro Bit wechselt.

25

Wenn die Subkanäle CDMA-Kanäle sind, beziehen sich die Polarisationswechsel auf einen Chip.

30

Im Folgenden werden einfache Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnungsfiguren näher erläutert.



Figur 1 zeigt beispielhaft den generellen Aufbau eines MIMO-Kommunikationssystems nach dem Stand der Technik;

Figur 2 zeigt beispielhaft einen erfindungsgemäßen Aufbau eines MIMO-Kommunikationssystems;

5    Figur 3 zeigt die Anwendung von Y-Zirkulatoren bei dem Aufbau gemäß Figur 2;

Figur 4 zeigt ein spezielles Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen MIMO-Kommunikationssystems unter Verwendung eines Kreuzdipols.

10    Figur 5 zeigt eine Darstellung des elektrischen Feldes einer sich in z-Richtung, das heißt senkrecht zur Dipolebene, ausbreitenden Welle eines Kreuzdipols.

Erfindungsgemäß wird die Dekorrelation der Subkanäle eines MIMO-Funksignals durch Polarisationsentkopplung erreicht. Die Polarisation einer  
15    ebenen elektromagnetischen Welle ist allgemein links- oder rechtsdrehend elliptisch, in Sonderfällen linear oder zirkular. Die Drehrichtung der Polarisation ist nach IEEE rechts-drehend definiert, wenn die Spitze des elektrischen Feldvektors vom Sender aus betrachtet im Uhrzeigersinn dreht. Dieser Definition liegt die zeitliche Abhängigkeit des elektrischen Feldvektors  
20    an einem festen Ort zugrunde.

Die Funksignale A, B, C aus der Funkanlage 1 gemäß Figur 1 werden, statt auf mehrere Antennen, nur auf eine Antenne geführt, die die Signale mit m unterschiedlichen Polarisationen superpositioniert und abstrahlt. Damit wird  
25    die Einsparung von räumlich versetzten Antennen erreicht. Die Antenne besteht aus einem Antennenarray mit mehreren räumlich dicht beieinander liegenden Teilantennen.

Im Ausführungsbeispiel nach Figur 2 werden die MI-Funksignale A, B, C der  
30    in Figur 1 gezeigten Funkanlage 1 mit Leistungsteilern 6.1 bis 6.3 auf jeweils zwei Zweige mit den normierten Leistungen  $a_i$  und  $(1-a_i)$  mit  $0 \leq a_i \leq m$  aufgeteilt. Beide Verteilerausgänge jedes MI-Subkanals mit den Leistungen  $a_i$

und  $(1-a_i)$  werden um die Zeiten  $\tau_{i1}$  und  $\tau_{i2}$  mittels Verzögerungsleitungen 7.1 bis 7.6, die z.B. aus schaltbaren Leitungsstücken oder Phasenschiebern bestehen können, verzögert. Durch je eine Verzögerung in beiden Zweigen eines MI-Subkanals, wobei im Allgemeinen  $\tau_{i1} = 0$  oder  $\tau_{i2} = 0$  gesetzt wird, 5 kann die Welle wahlweise in jedem Zweig voreilen; dadurch kann mit der Antenne 8 links- oder rechtsdrehende Polarisation erzeugt werden. Entsprechend der Einstellungswerte von  $a_i$ ,  $\tau_{i1}$  und  $\tau_{i2}$  können Wellen mit beliebiger Lage und Drehsinn der Polarisationsellipse, einschließlich der Ausartung zur Geraden, gesendet werden.

10

Um die gegenseitige Rückwirkung der MI-Subkanäle zu vermeiden, werden die beiden Zweige für jeden MI-Kanal über Richtkoppler 10.1 bis 10.6 auf die Antenne geführt. Die Wellen aus den Zweigen 1 der Richtkoppler 10.1, 10.3 und 10.5 werden in einer z.B. linear polarisierten Teilantenne  $A_1$  überlagert, 15 die aus den Zweigen 2 der Richtkoppler 10.2, 10.4 und 10.6 in einer Teilantenne  $A_2$  mit orthogonaler Polarisation. Die Teilantennen  $A_1$  und  $A_2$  sind sehr dicht benachbart und bilden ein Antennenarray. Vorzugsweise fallen die Phasenzentren der Teilantennen zusammen. Als Antennen können linear oder zirkular polarisierte Antennen mit orthogonaler Polarisation oder Hornstrahler 20 mit geeignetem Anregungsmodus verwendet werden.

Die Umschaltung der Polarisation der MI-Antenne erfolgt über mehrere Bits oder mehrmals pro Bit und wird durch eine Steuerungseinrichtung 9 gesteuert.

25 Für die Polarisationswechsel sind vorzugsweise zwei Algorithmen vorgesehen:

1. Synchrone, zyklische Umschaltung aller MI-Kanäle (Polarisation von MI-Kanal A wird nach einer Verweilzeit auf MI-Kanal B geschaltet; Polarisation von MI-Kanal B wird auf MI-Kanal C geschaltet usw.)
- 30 2. Durch Zufall erzeugte Polarisation der MI-Kanäle.



Die Polarisationen der MI-Subkanäle können z.B. sein: horizontal, vertikal, lineare Polarisation unter  $45^\circ$  und  $135^\circ$  zum Erdboden, zirkular links-/rechtsdrehend, elliptisch links-/rechtsdrehend (mit wählbarem Achsenverhältnis und Lage zum Erdboden) usw. Die Anzahl der schaltbaren Polarisationszustände soll mindestens so groß wie die Anzahl  $m$  der MI-Subkanäle sein.

Um die gegenseitige Rückwirkung der MI-Subkanäle zu vermeiden, werden die beiden Zweige für jeden MI-Kanal zur Antenne über Richtkoppler 10.1 bis 10.6 auf die Antennenteile  $A_1$  und  $A_2$  geführt. Alternativ können bei zwei MI-Kanälen zwei Y-Zirkulatoren und für  $m > 2$  kaskadierte Y-Zirkulatoren zum Zusammenschalten der MI-Antennen verwendet werden Figur 3.

Als Ausführungsbeispiel für die Dekorrelation von MI-Subkanälen mit einer Antenne sei als einfaches Ausführungsbeispiel ein Kreuzdipol 11 betrachtet Figur 4. Ein Kreuzdipol wird als eine Zusammenschaltung von zwei linear polarisierten, orthogonalen Dipolen 11.1 und 11.2 betrachtet, deren Phasenzentren zusammenfallen.

Als Richtantenne kann der Kreuzdipol vor einem Reflektor angeordnet werden.

Dipole haben die Vorteile

- einfacher konstruktiver Aufbau
- Breitbandigkeit durch entsprechende Formgebung der Dipole (z.B. Verhältnis Durchmesser/Länge bei zylindrischen Dipolen)

25

Die Leistung eines Senders 1 wird im Leistungsteiler 6.1 (vgl. auch Figur 2) auf die Leistungsanteile  $a$  und  $(1 - a)$  aufgeteilt. Nach der Verzögerung der beiden Signalkomponenten um  $\tau_1$  bzw.  $\tau_2$  in den Verzögerungsleitungen 7.1 und 7.2 werden die Signale auf die beiden Dipole 11.1 und 11.2 geführt. Bei praktischen Ausführungen beträgt die Gesamtlänge eines Dipols im Allgemeinen ca.  $\lambda/2$ .

30

Das elektrische Feld einer sich in z-Richtung, das heißt senkrecht zur Dipolebene, ausbreitenden Welle des Kreuzdipols 11 wird nach Figuren 4 und 5 beschrieben durch den zweidimensionalen Vektor:

5            
$$\underline{E}(t) = \underline{e}_x \cdot a \cdot \cos(\omega \cdot t - k \cdot z + \delta_x) + \underline{e}_y \cdot (1 - a) \cdot \cos(\omega \cdot t - k \cdot z + \delta_y)$$

mit der Wellenzahl  $k = 2\pi/\lambda$  und der Phase  $\delta = 2 \cdot \pi \cdot c \cdot \tau_i/\lambda$ .

10        Folgende Polarisationen der MIMO-Antennen sind mit den Einstellungen  $\tau_1, \tau_2$  und a beispielhaft möglich (s. z.B. Kraus, John D.: „Antennas“, 1950, und Schrott/Stein: „Bedeutung und Beschreibung der Polarisation elektromagnetischer Wellen“, 1980):

|          |     |      |                     |                     |                     |                     |                     |      |                       |                       |
|----------|-----|------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------|-----------------------|-----------------------|
| a        | 1   | 0    | 0,5                 | 0,5                 | <1                  | <1                  | 0,5                 | 0,5  | 0,5                   | 0,5                   |
| $\tau_1$ | bel | bel  | $\lambda/4 \cdot c$ | 0                   | $\lambda/4 \cdot c$ | 0                   | $\lambda/2 \cdot c$ | 0    | $< \lambda/2 \cdot c$ | 0                     |
| $\tau_2$ | bel | bel  | 0                   | $\lambda/4 \cdot c$ | 0                   | $\lambda/4 \cdot c$ | 0                   | 0    | 0                     | $< \lambda/2 \cdot c$ |
| Pol      | hor | vert | zir-re              | zir-li              | ell-re              | ell-li              | 45°                 | 135° | ell-re                | ell-li                |

15        **Tabelle 1**

(Pol: Polarisation; bel: beliebig; hor: horizontal; vert: vertikal; zir-li: linkszirkular; zir-re: rechtszirkular; ell-li: elliptisch linksdrehend; ell-re: elliptisch rechtsdrehend; 45°: linear unter 45° zum Erdboden; 135°: dschl. unter 135°)

Der Orientierungswinkel  $\varphi$  der Ellipsenhauptachse bezüglich des Erdbodens beträgt:

25            
$$\tan 2\varphi = 2a(a - 1)/(a^2 - (1 - a)^2) \cdot \cos \delta$$

mit der Phase des Polarisationsverhältnisses             $\delta = \beta_y - \beta_x$ .

Der Elliptizitätswinkel  $\varepsilon$  als Maß für das Achsenverhältnis der Ellipse (Tangens der Achsen) wird bestimmt aus:

$$\tan 2\varepsilon = \tan \delta \cdot \sin 2\varphi.$$

5

Damit ist die Form und Lage der Polarisationsellipse durch  $a$  und  $\tau_i$  festgelegt.

Vorteilhaft ist, dass elliptische Polarisationen sowohl durch die Aufteilung  $a$  bzw.  $(1-a)$  der Sendeleistung und der Verzögerungszeiten  $\tau_i$  (Phasenlage) der  
10 Signale, als auch, in engeren Grenzen, nur durch  $\tau$  gesteuert werden können, wenn  $0 < a < 1$  gewählt wird (siehe Tabelle 1).

Liste der Bezugszeichen

|    |    |                                      |
|----|----|--------------------------------------|
|    | 1  | Basisstation (Sende-/Empfangsanlage) |
| 5  | 2  | MI-Antenne                           |
|    | 3  | Mobilstation                         |
|    | 4  | MO-Antenne                           |
|    | 5  | MIMO-Subkanäle                       |
|    | 6  | Leistungsteiler (6.1-6.3)            |
| 10 | 7  | Verzögerungselemente (7.1-7.6)       |
|    | 8  | Antenne (8.1, 8.2)                   |
|    | 9  | Steuerungseinrichtung                |
|    | 10 | Richtkoppler (10.1-10.6)             |
|    | 11 | Kreuzdipol (11.1, 11.2)              |
| 15 | 12 | Y-Zirkulator (12.1, 12.2)            |

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb von MIMO-Luftschnittstellen bei  
Mobilkommunikationssystemen, bei dem ein Funksignal (A; B; C) über  
5 einen eine Anzahl von m Subkanälen (5) umfassenden MIMO-Kanal von  
einer Sendeeinrichtung (1) ausgesendet und von einer  
Empfangseinrichtung (3) empfangen wird,  
**dadurch gekennzeichnet**,  
dass den auf den Subkanälen (5) auszusendenden und zu empfangenden  
10 Signalen unterschiedliche Polarisationen zugewiesen werden, und die  
Signale einer gemeinsamen Antenne (8; 11) zugeführt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Antenne  
(8; 11) ein Antennenarray mit räumlich eng benachbarten Teilantennen  
15 (8.1, 8.2; 11.1, 11.2) verwendet wird.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch  
gekennzeichnet**, dass die Phasenzentren der Teilantennen  
zusammenfallen.  
20
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch  
gekennzeichnet**, dass die Zuweisung der Polarisationen der auf den  
Subkanälen (5) ausgesendeten Signale von einer Steuerungseinrichtung  
(9) gesteuert wird.  
25
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch  
gekennzeichnet**, dass die Polarisationen der auf den Subkanälen (5)  
ausgesendeten in vorgegebenen Zeitabständen geändert werden.
- 30 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch  
gekennzeichnet**, dass die Polarisationen der auf den Subkanälen (5)  
ausgesendeten Signalen synchron geändert werden.

- 5 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Polarisationen der auf den Subkanälen (5) ausgesendeten Signale in vorgegebenen Zeitabständen untereinander vertauscht werden.
- 10 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass jedem auf den Subkanälen (5) ausgesendeten Signal eine aus einer Menge von vorgegebenen Polarisationen zufällig ausgewählte Polarisation zugewiesen wird.
- 15 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das auf dem MIMO-Kanal ausgesendete Funksignal (A; B; C) durch einen digitalen Datenstrom moduliert ist, wobei die Polarisationen der auf den Subkanälen (5) ausgesendeten Signale für die Zeitdauer von mindestens einem Bit des Datenstroms gleich bleiben.
- 20 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das auf dem MIMO-Kanal ausgesendete Funksignal (A; B; C) durch einen digitalen Datenstrom moduliert ist, wobei die Polarisationen der auf den Subkanälen (5) ausgesendeten Signale während der Dauer eines Bits des Datenstroms mindestens einmal wechseln.
- 25 11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Polarisation der auf den Subkanälen (5) ausgesendeten Signale durch das Verhältnis der Beträge ihrer Leistungen  $a$  bzw.  $(1-a)$  und/oder ihre gegenseitige Phasenlage und/oder ihren Zeitversatz ( $\tau_1$ ,  $\tau_2$ ) bestimmt wird.



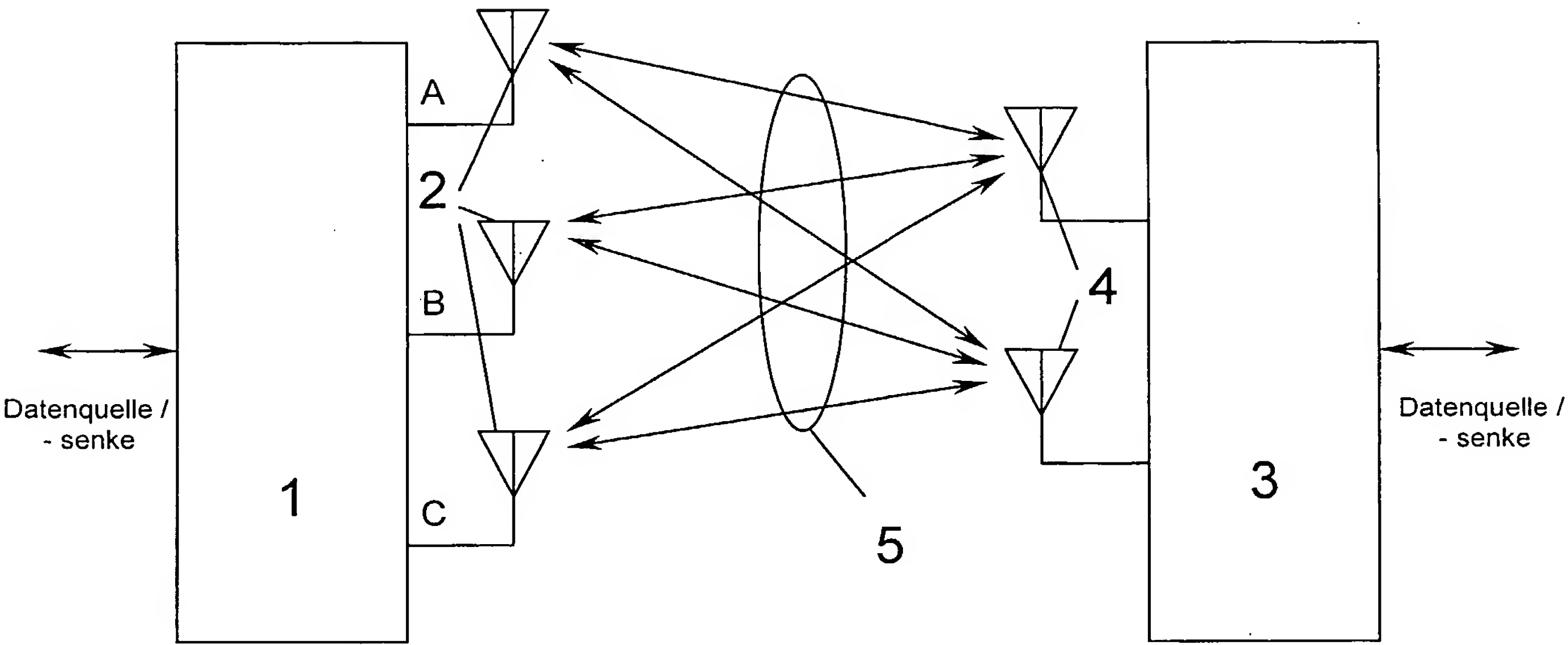
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anzahl der schaltbaren Polarisationen mindestens so groß ist wie die Anzahl  $m$  der Subkanäle (5).
- 5 13. Vorrichtung zum Betrieb von MIMO-Luftschnittstellen bei Mobilkommunikationssystemen, mit einer Sendeeinrichtung (1) zum Aussenden eines Funksignals (A; B; C) über einen mehrere Subkanäle (5) umfassenden MIMO-Kanal, und einer Empfangseinrichtung (3) zum Empfang des Funksignals,
- 10 **gekennzeichnet durch** Einrichtungen (6; 7; 12) zur Erzeugung unterschiedlicher Polarisationen der auf den Subkanälen (5) ausgesendeten und zu empfangenden Signale, und einer Antenne (8; 11), der alle unterschiedlich polarisierten Signale der
- 15 Subkanäle (5) zugeführt werden.
14. Vorrichtung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Antenne (8; 11) ein Antennenarray mit mindestens zwei räumlich eng benachbarten Teilantennen (8.1, 8.2; 11.1, 11.2) umfasst, wobei jeder
- 20 Teilantenne ein Signal eines Subkanals (5) zugeführt wird.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Phasenzentren der Teilantennen zusammenfallen.
- 25 16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Antenne (11) ein Kreuzdipol ist.
- 30 17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einrichtungen Mittel (7; 12) zur Veränderung der Phasenlage und/oder des Zeitversatzes ( $\tau$ ) der Funksignale umfassen.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einrichtungen Mittel (6) zur Aufteilung des Funksignals in mehrere Teilsignale unterschiedlicher Leistung a und 1-a umfasst.

5

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Steuerungseinrichtung (9) zur Steuerung der Einrichtungen (6; 7; 12) vorgesehen ist.

10



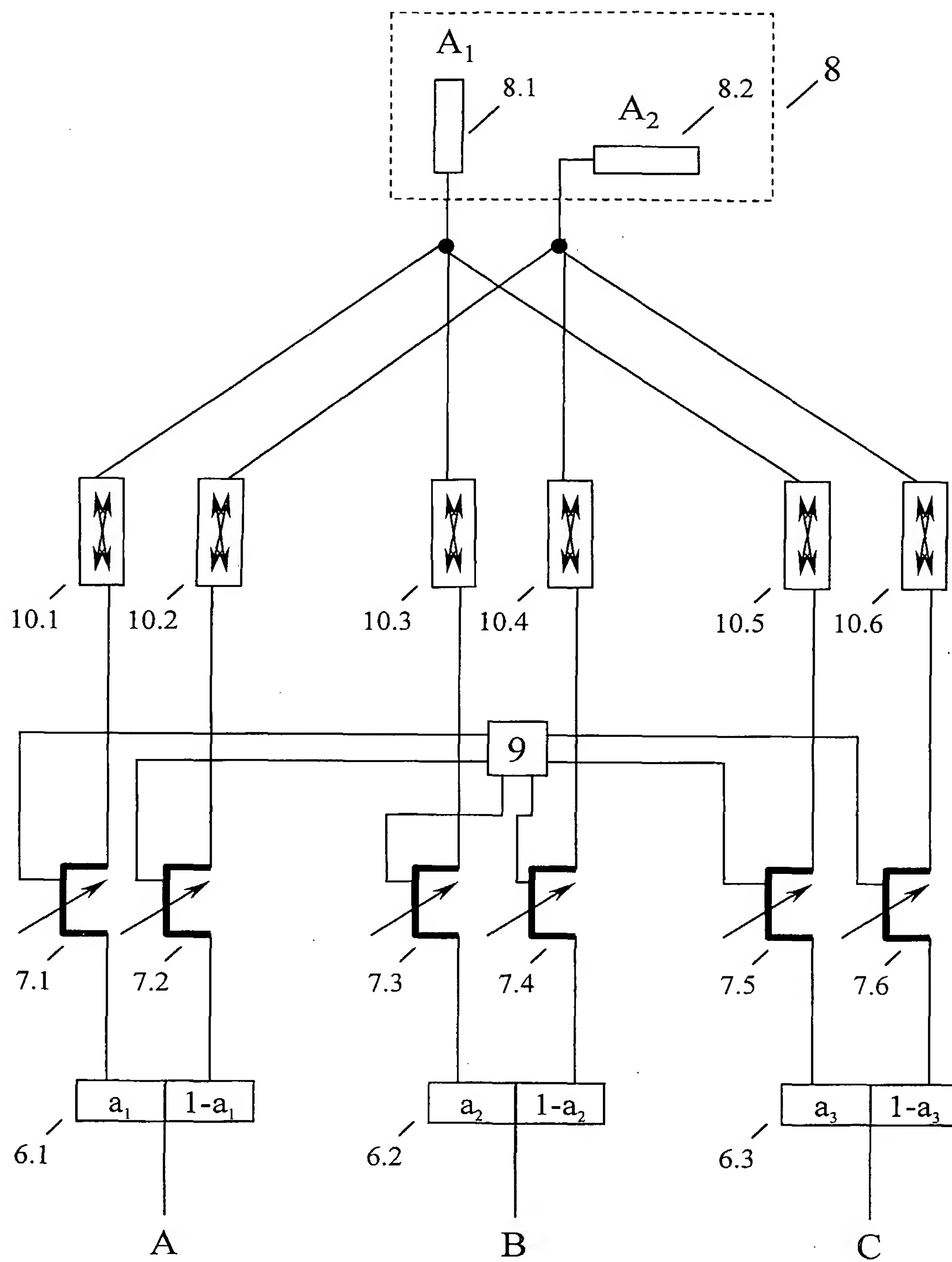


Fig. 2

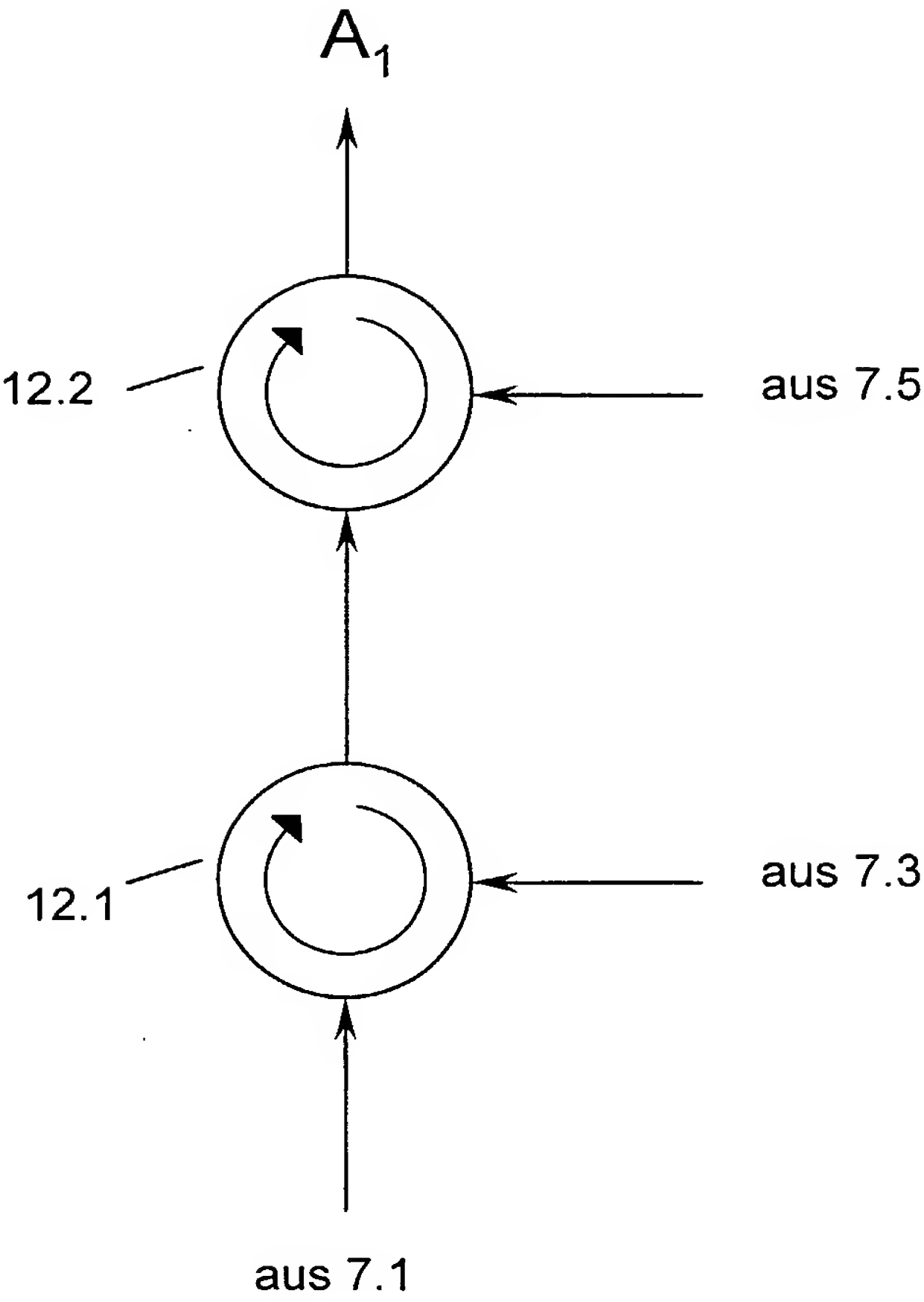


Fig. 3

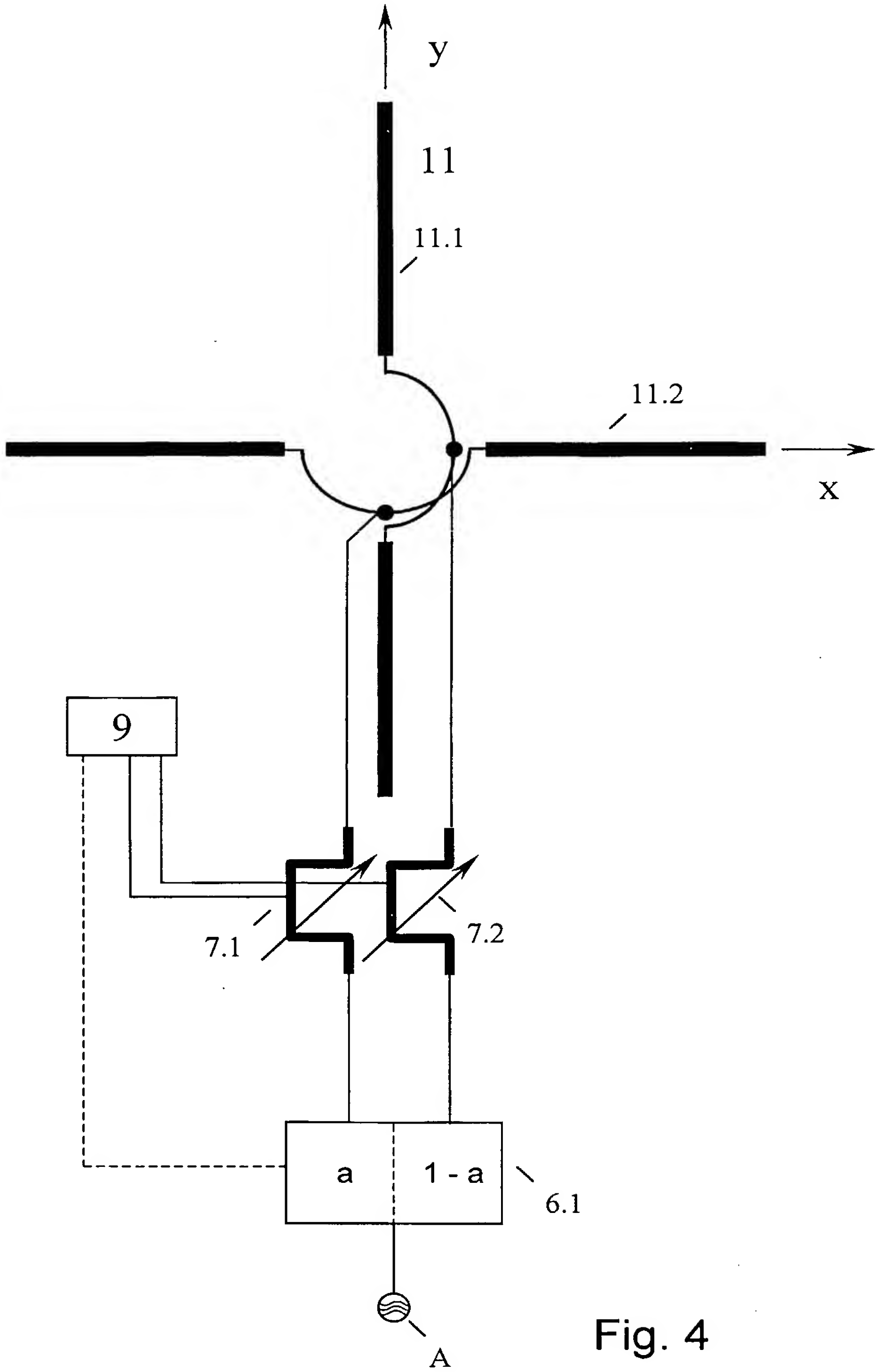


Fig. 4



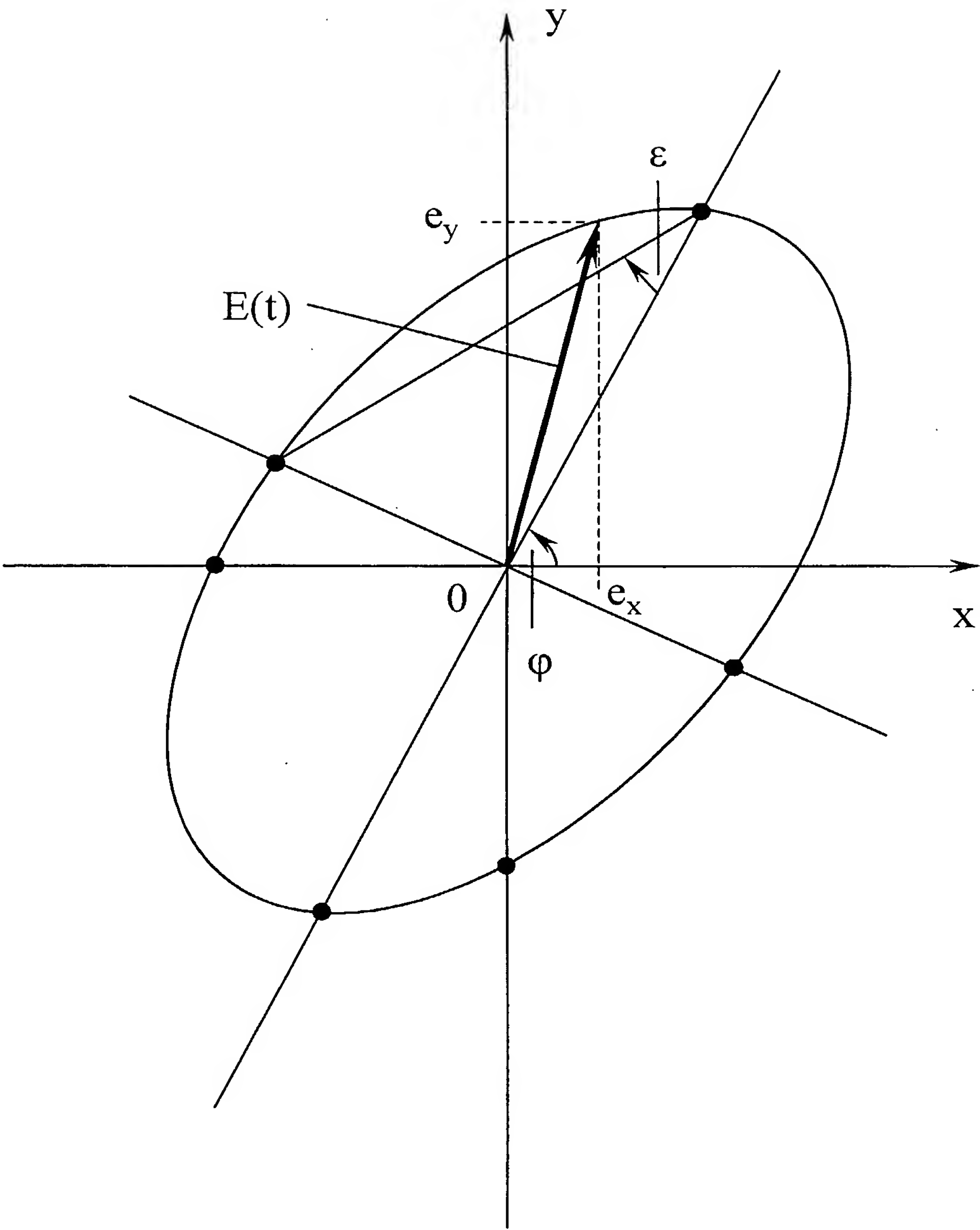


Fig. 5

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2005/001250

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 H04B7/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H04L H04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
|------------|--|-----------------------|
| Y          | US 2003/072382 A1 (RALEIGH GREGORY G ET AL) 17 April 2003 (2003-04-17)<br>abstract<br>paragraphs '0070!, '0083!, '0086!, '0087!<br>-----           | 1-19                  |
| Y          | US 6 658 269 B1 (GOLEMON WILLIAM P ET AL) 2 December 2003 (2003-12-02)<br>abstract<br>figures 1,2<br>column 2, line 65 - column 4, line 9<br>----- | 1-19                  |
| Y          | EP 1 003 297 A (LUCENT TECHNOLOGIES INC) 24 May 2000 (2000-05-24)<br>abstract<br>figure 6<br>claims 1-27<br>-----<br>-/--                          | 1-19                  |



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 May 2005

Date of mailing of the international search report

02/06/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Mier, A

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2005/001250

| C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT |  |                       |
|--|--|-----------------------|
| Category °   | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
| Y  | <p>EP 0 656 697 A (AT&amp;T CORP)<br/>7 June 1995 (1995-06-07)<br/>abstract<br/>column 2, line 28 - column 3, line 36<br/>column 6, line 20 - line 38<br/>claim 1</p> <p>-----</p>   | 1-19                  |
| Y  | <p>US 6 324 407 B1 (GOFRON KAZIMIERZ J ET AL)<br/>27 November 2001 (2001-11-27)<br/>abstract<br/>figure 2<br/>column 2, line 25 - column 3, line 62<br/>claims 1-18</p> <p>-----</p> | 1-19                  |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2005/001250

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date |
|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| US 2003072382 A1                          | 17-04-2003          | US 6452981 B1              | 17-09-2002          |
|   |                     | US 6144711 A               | 07-11-2000          |
|   |                     | US 6377631 B1              | 23-04-2002          |
|   |                     | AU 4238697 A               | 19-03-1998          |
|   |                     | CA 2264170 A1              | 05-03-1998          |
|   |                     | CA 2302289 A1              | 05-03-1998          |
|   |                     | CA 2495630 A1              | 05-03-1998          |
|   |                     | DE 69725995 D1             | 11-12-2003          |
|   |                     | DE 69725995 T2             | 11-11-2004          |
|   |                     | EP 0920738 A1              | 09-06-1999          |
|   |                     | EP 0931388 A2              | 28-07-1999          |
|   |                     | JP 2001505723 T            | 24-04-2001          |
|   |                     | WO 9809385 A2              | 05-03-1998          |
|   |                     | WO 9809381 A1              | 05-03-1998          |
|   |                     | WO 9809395 A1              | 05-03-1998          |
| US 6658269 B1                             | 02-12-2003          | NONE                       |                     |
| EP 1003297 A                              | 24-05-2000          | US 6259730 B1              | 10-07-2001          |
|   |                     | BR 9905140 A               | 10-10-2000          |
|   |                     | CA 2283197 A1              | 10-05-2000          |
|   |                     | CN 1253430 A               | 17-05-2000          |
|   |                     | EP 1003297 A2              | 24-05-2000          |
|   |                     | JP 2000151485 A            | 30-05-2000          |
|   |                     | KR 2000035271 A            | 26-06-2000          |
|   |                     | TW 443055 B                | 23-06-2001          |
|   |                     | US 2001019592 A1           | 06-09-2001          |
| EP 0656697 A                              | 07-06-1995          | CA 2118355 A1              | 31-05-1995          |
|   |                     | EP 0656697 A2              | 07-06-1995          |
|   |                     | JP 3241954 B2              | 25-12-2001          |
|   |                     | JP 7202855 A               | 04-08-1995          |
|   |                     | US 5943372 A               | 24-08-1999          |
| US 6324407 B1                             | 27-11-2001          | BR 0008503 A               | 24-09-2002          |
|   |                     | EP 1157482 A1              | 28-11-2001          |
|   |                     | WO 0051263 A1              | 31-08-2000          |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2005/001250

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 H04B7/06

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H04L H04B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie° | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile   | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| Y          | US 2003/072382 A1 (RALEIGH GREGORY G ET AL) 17. April 2003 (2003-04-17)<br>Zusammenfassung<br>Absätze '0070!, '0083!, '0086!, '0087!<br>-----                    | 1-19               |
| Y          | US 6 658 269 B1 (GOLEMON WILLIAM P ET AL) 2. Dezember 2003 (2003-12-02)<br>Zusammenfassung<br>Abbildungen 1,2<br>Spalte 2, Zeile 65 - Spalte 4, Zeile 9<br>----- | 1-19               |
| Y          | EP 1 003 297 A (LUCENT TECHNOLOGIES INC) 24. Mai 2000 (2000-05-24)<br>Zusammenfassung<br>Abbildung 6<br>Ansprüche 1-27<br>-----                                  | 1-19               |
|            | -/--   |                    |

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*G\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

24. Mai 2005

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

02/06/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Mier, A

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2005/001250

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie° | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile   | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| Y          | <p>EP 0 656 697 A (AT&amp;T CORP)<br/>7. Juni 1995 (1995-06-07)<br/>Zusammenfassung<br/>Spalte 2, Zeile 28 - Spalte 3, Zeile 36<br/>Spalte 6, Zeile 20 - Zeile 38<br/>Anspruch 1</p> <p>-----</p>    | 1-19               |
| Y          | <p>US 6 324 407 B1 (GOFRON KAZIMIERZ J ET AL)<br/>27. November 2001 (2001-11-27)<br/>Zusammenfassung<br/>Abbildung 2<br/>Spalte 2, Zeile 25 - Spalte 3, Zeile 62<br/>Ansprüche 1-18</p> <p>-----</p> | 1-19               |



# INTERNATIONALE RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/001250

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| US 2003072382 A1                                   | 17-04-2003                    | US 6452981 B1                     | 17-09-2002                    |
|  |                               | US 6144711 A                      | 07-11-2000                    |
|  |                               | US 6377631 B1                     | 23-04-2002                    |
|  |                               | AU 4238697 A                      | 19-03-1998                    |
|  |                               | CA 2264170 A1                     | 05-03-1998                    |
|  |                               | CA 2302289 A1                     | 05-03-1998                    |
|  |                               | CA 2495630 A1                     | 05-03-1998                    |
|  |                               | DE 69725995 D1                    | 11-12-2003                    |
|  |                               | DE 69725995 T2                    | 11-11-2004                    |
|  |                               | EP 0920738 A1                     | 09-06-1999                    |
|  |                               | EP 0931388 A2                     | 28-07-1999                    |
|  |                               | JP 2001505723 T                   | 24-04-2001                    |
|  |                               | WO 9809385 A2                     | 05-03-1998                    |
|  |                               | WO 9809381 A1                     | 05-03-1998                    |
|  |                               | WO 9809395 A1                     | 05-03-1998                    |
| US 6658269 B1                                      | 02-12-2003                    | KEINE                             |                               |
| EP 1003297 A                                       | 24-05-2000                    | US 6259730 B1                     | 10-07-2001                    |
|  |                               | BR 9905140 A                      | 10-10-2000                    |
|  |                               | CA 2283197 A1                     | 10-05-2000                    |
|  |                               | CN 1253430 A                      | 17-05-2000                    |
|  |                               | EP 1003297 A2                     | 24-05-2000                    |
|  |                               | JP 2000151485 A                   | 30-05-2000                    |
|  |                               | KR 2000035271 A                   | 26-06-2000                    |
|  |                               | TW 443055 B                       | 23-06-2001                    |
|  |                               | US 2001019592 A1                  | 06-09-2001                    |
| EP 0656697 A                                       | 07-06-1995                    | CA 2118355 A1                     | 31-05-1995                    |
|  |                               | EP 0656697 A2                     | 07-06-1995                    |
|  |                               | JP 3241954 B2                     | 25-12-2001                    |
|  |                               | JP 7202855 A                      | 04-08-1995                    |
|  |                               | US 5943372 A                      | 24-08-1999                    |
| US 6324407 B1                                      | 27-11-2001                    | BR 0008503 A                      | 24-09-2002                    |
|  |                               | EP 1157482 A1                     | 28-11-2001                    |
|  |                               | WO 0051263 A1                     | 31-08-2000                    |